

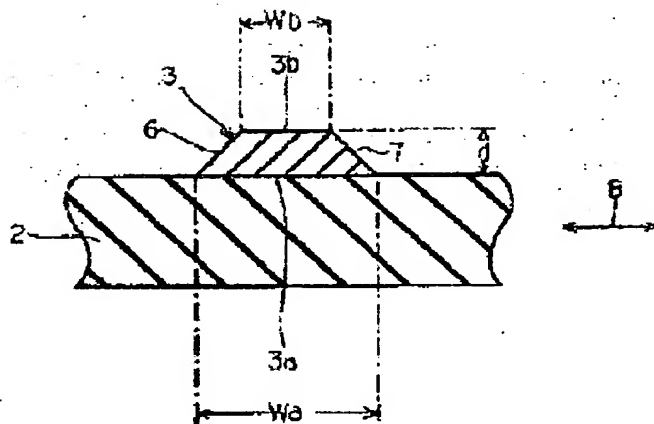
## MAGNETIC IMPEDANCE EFFECT ELEMENT

Patent number: JP2001228229  
Publication date: 2001-08-24  
Inventor: NAKABAYASHI AKIRA; YAJIMA EIJIRO  
Applicant: ALPS ELECTRIC CO LTD  
Classification:  
- international: G01R33/02; H01L43/00  
- european:  
Application number: JP20000043613 20000216  
Priority number(s):

### Abstract of JP2001228229

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic impedance effect element with high sensitivity in detecting external magnetic fields capable of suppressing the lifting of both sides of a magnetic thin film in the widthwise direction of the magnetic thin film.

**SOLUTION:** The magnetic impedance effect element is provided with both a substrate 2 made of a non-magnetic body and a band-shaped magnetic thin film 3 provided on the thin film 2. The film thickness of both side parts of the magnetic thin film 3 is formed more thinly than the film thickness of the center part of the magnetic thin film 3 in the widthwise direction B of the magnetic thin film 3, so that the width  $W_a$  of the lower surface 3a of the magnetic thin film 3 closely adhering to the substrate 2 may be larger than the width  $W_b$  of the upper surface 3b of the magnetic thin film 3.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

書誌

(19)【発行国】日本国特許庁(JP)  
(12)【公報種別】公開特許公報(A)  
(11)【公開番号】特開2001-228229(P2001-228229A)  
(43)【公開日】平成13年8月24日(2001. 8. 24)  
(54)【発明の名称】磁気インピーダンス効果素子  
(51)【国際特許分類第7版】

G01R 33/02  
H01L 43/00

【FI】

G01R 33/02 D  
H01L 43/00

【審査請求】未請求  
【請求項の数】5  
【出願形態】OL  
【全頁数】7  
(21)【出願番号】特願2000-43613(P2000-43613)  
(22)【出願日】平成12年2月16日(2000. 2. 16)  
(71)【出願人】  
【識別番号】000010098  
【氏名又は名称】アルプス電気株式会社  
【住所又は居所】東京都大田区雪谷大塚町1番7号  
(72)【発明者】  
【氏名】中林 亮  
【住所又は居所】東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内  
(72)【発明者】  
【氏名】矢嶋 英治郎  
【住所又は居所】東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内  
【テーマコード(参考)】

2G017

【Fターム(参考)】

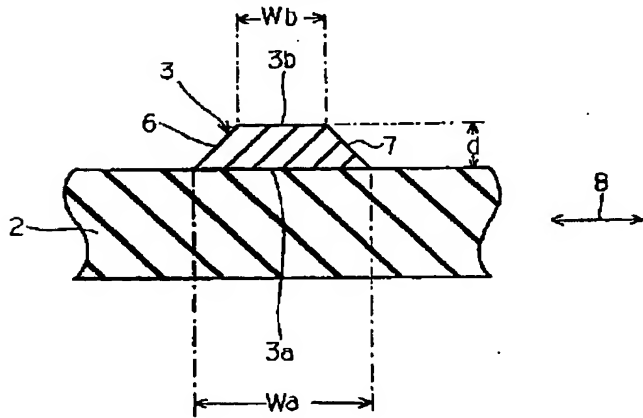
2G017 AD51 AD63 AD65

要約

(57)【要約】

【課題】磁性薄膜の幅方向において、磁性薄膜の両側部のめくれ上がりを抑えることができ、外部磁界検出感度の高い磁気インピーダンス効果素子を提供する。

【解決手段】非磁性体からなる基板2と、この基板2上に設けられた帯状の磁性薄膜3とを備え、基板2に密着する磁性薄膜3の下面3aの幅Waが磁性薄膜3の上面3bの幅Wbよりも大きくなるように、磁性薄膜3の幅方向Bにおいて、磁性薄膜3の両側部の膜厚を磁性薄膜3の中央部の膜厚よりも薄く形成した。



## 請求の範囲

### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性体からなる基板と、この基板上に設けられた帯状の磁性薄膜とを備え、前記基板に密着する前記磁性薄膜の下面の幅が前記磁性薄膜の上面の幅よりも大きくなるように、前記磁性薄膜の幅方向において、前記磁性薄膜の両側部の膜厚を前記磁性薄膜の中央部の膜厚よりも薄く形成したことを特徴とする磁気インピーダンス効果素子。

【請求項2】 前記磁性薄膜の前記両側部にテーパ面を設けたことを特徴とする請求項1に記載の磁気インピーダンス効果素子。

【請求項3】 前記磁性薄膜の前記両側部を階段状に形成したことを特徴とする請求項1に記載の磁気インピーダンス効果素子。

【請求項4】 前記磁性薄膜は平均結晶粒径が30nm以下であるbccFe、bccFeCo、bccCoの単体もしくは混合物を主体とした軟磁性合金薄膜よりなることを特徴とする請求項1、2又は3に記載の磁気インピーダンス効果素子。

【請求項5】 前記磁性薄膜は組成式が $T_{100-a-b-c-d}X_aM_bZ_cQ_d$ で表され、元素TはFe、Coのうちの1種又は2種の元素であり、XはSi、Alのうちの1種又は2種の元素であり、MはTi、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wから選ばれる1種又は2種以上の元素であり、元素ZはC、Nのうちの1種又は2種の元素からなり、 $0 \leq a \leq 25$  (at%)、 $1 \leq b \leq 10$  (at%)、 $5 \leq c \leq 15$  (at%)、 $0 \leq d \leq 10$  (at%) の関係を満足し、前記磁性薄膜の結晶組織内に平均結晶粒径10nm以下の元素Mの微細な炭化物もしくは窒化物がFeもしくはCoの結晶粒の周辺に析出していることを特徴とする請求項4に記載の磁気インピーダンス効果素子。

## 詳細な説明

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気インピーダンス効果を利用して外部磁界を検出する磁気インピーダンス効果素子に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】磁気インピーダンス効果素子は、高い外部磁界検出感度を有しているため、磁気検出素子として方位センサやモータの回転センサ等に適用され始めている。図8乃至図10は、このような磁気インピーダンス効果素子の従来技術を説明するためのものであって、この磁気インピーダンス効果素子21は、非磁性体からなる基板22上に形成された高い透磁率を有する帯状の磁性薄膜23の長手方向両端部に、導電膜からなるリード線引出用の第1、第2の電極24、25が積層されて構成されており、磁性薄膜23は図9に示すような断面長方形形状に形成されている。また、磁性薄膜23には、その膜面内で磁化容易軸の方向が磁性薄膜23の長手方向(矢印A方向)に対して垂直となるように、磁性薄膜23の幅方向(矢印B方向)に磁気異方性が付けられている。

【0003】このように構成された磁気インピーダンス効果素子21は、磁性薄膜23の長手方向が図示せぬ被検出体から発せられる外部磁界Hに沿うように配置された状態で、第1、第2の電極24、25を介して磁性薄膜23にMHz帯域の高周波電流を通電すると、磁性薄膜23の長手方向両端部間のインピーダンスが変化し、この変化を電気信号に変換して外部磁界Hの検出出力が得られるようになっている。

【0004】この磁気インピーダンス効果素子21の製造は、図10(a)に示すように、静磁場中で基板22の上面に磁性薄膜23となる非晶質状態の合金薄膜26をスパッタリング法により形成し、次いで、図10(b)に示すように、合金薄膜26上に帯状のフォトリソグロウ27を形成する。そして、合金薄膜26をウェットエッチングし

て図10(c)に示す状態とし、次いで、図10(d)に示すように、フォトリソスト27を除去し、この合金薄膜26及び基板22に静磁場中で加熱処理(アニール)を施して、合金薄膜26を結晶状態に相変化させ磁性薄膜23とし(図10(e)参照)、磁性薄膜23の長手方向両端部に電極24、25を形成することにより、図8、図9に示す磁気インピーダンス効果素子21が製造される。

【発明が解決しようとする課題】

【0005】しかしながら、上述した従来の磁気インピーダンス効果素子21にあつては、エッチングにより帯状に形成された合金薄膜26が基板22を伴って加熱処理される際に、両者の熱膨張係数の違いから、基板22に密着する合金薄膜26の下面側が合金薄膜26の上面側に引っ張られて、図11に示すように、合金薄膜26の幅方向(矢印B方向)において、合金薄膜26の両側部がめくれ上がり、その結果、図12に示すように、磁性薄膜23の幅方向(矢印B方向)において、磁性薄膜23の両側部のめくれ上がった部分の磁区が加熱処理中に消失し、磁性薄膜23の磁区28が形成された部分が少なくなつて、外部磁界Hに対するインピーダンスの変化が小さくなり磁気インピーダンス効果素子21の外部磁界検出感度が低下するという問題があつた。

【0006】この磁性薄膜の両側部がめくれ上がり磁区が消失する現象は、加熱処理によって非晶質状態から結晶状態へと相変化する材料を合金薄膜26に用いた場合に特に顕著に現れる。

【0007】本発明は、上述した従来技術の事情に鑑みてなされたもので、その目的は、磁性薄膜の幅方向において、磁性薄膜の両側部の磁区の消失を抑えることができ、外部磁界検出感度の高い磁気インピーダンス効果素子を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の磁気インピーダンス効果素子は、非磁性体からなる基板と、この基板上に設けられた帯状の磁性薄膜とを備え、前記基板に密着する前記磁性薄膜の下面の幅が前記磁性薄膜の上面の幅よりも大きくなるように、前記磁性薄膜の幅方向において、前記磁性薄膜の両側部の膜厚を前記磁性薄膜の中央部の膜厚よりも薄く形成したことを最も主要な特徴としている。

【0009】また、上記構成において、前記磁性薄膜の前記両側部にテーパ面を設けた。

【0010】また、上記構成において、前記磁性薄膜の前記両側部を階段状に形成した。

【0011】また、上記構成において、前記磁性薄膜は均結晶粒子径が30nm以下であるbccFe、bccFeCo、bccCoの単体もしくは混合物を主体とした軟磁性合金薄膜よりなる構成とした。

【0012】また、上記構成において、前記磁性薄膜は組成式が $T_{100-a-b-c-d}X_aM_bZ_cQ_d$ で表され、元素TはFe、Coのうちの1種又は2種の元素であり、XはSi、Alのうちの1種又は2種の元素であり、MはTi、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wから選ばれる1種又は2種以上の元素であり、元素ZはC、Nのうちの1種又は2種の元素からなり、 $0 \leq a \leq 25$ 、 $1 \leq b \leq 10$ 、 $5 \leq c \leq 15$ 、 $0 \leq d \leq 10$ の関係を満足し、前記磁性薄膜の結晶組織内に平均結晶粒径10nm以下の元素Mの微細な炭化物もしくは窒化物がFeもしくはCoの結晶粒の周辺に析出している構成とした。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の磁気インピーダンス効果素子の第1の実施形態を図1乃至図4を用いて説明する。

【0014】この磁気インピーダンス効果素子1は、非磁性体からなる基板2上に形成された高い透磁率を有する帯状の磁性薄膜3の長手方向両端部に、導電膜からなるリード線引出用の第1、第2の電極4、5が積層して配設されて構成されている。

【0015】磁性薄膜3は、平均結晶粒径が30nm以下であるbcc構造のFe、bcc構造のFeCo、bcc構造のCoの単体もしくは混合物を主体とした軟磁性合金薄膜からなり、例えば組成式が $Fe_{71.4}Al_{5.8}Si_{13.1}Hf_{3.3}C_{4.5}Ru_{1.9}$ (at%)で表される、bcc構造のFe微結晶粒を主体とし、加熱処理によってFe微結晶粒の周囲にHfCの結晶粒が析出された結晶粒径5～30nmの微結晶軟磁性合金薄膜であつて、その膜面内で磁化容易軸の方向が磁性薄膜3の長手方向(矢印A方向)に対して垂直となるように、磁性薄膜3の幅方向(矢印B方向)に磁気異方性が付けられている。

【0016】そして、図2に示すように、基板2に密着する磁性薄膜3の下面3aの幅Waが磁性薄膜3の上面3bの幅Wbよりも大きくなるように、磁性薄膜3の両側部には該磁性薄膜3の長手方向に延びるテーパ面6、7が設けられており、これにより、磁性薄膜3の幅方向において、磁性薄膜3の中央部の膜厚が磁性薄膜3の両側部の膜厚よりも厚く形成されている。尚、磁性薄膜3の下面3aの幅をWaとし、磁性薄膜3の上面3bの幅をWbとし、上面3bから下面3aの厚さをdとしたときに、 $x = (Wa - Wb) / 2$ とおくと、 $x / d$ が1～5程度の値であることが望ましい。

【0017】また、磁性薄膜3は、上記組成以外に組成式が $T_{100-a-b-c-d}X_aM_bZ_cQ_d$ で表され、元素TはFe、Coのうちの1種又は2種の元素であり、XはSi、Alのうちの1種又は2種の元素であり、MはTi、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wから選ばれる1種又は2種以上の元素であり、元素ZはC、Nのうちの1種又は2種の元素からなり、 $0 \leq a \leq 25$ (at%)、 $1 \leq b \leq 10$ (at%)、 $5 \leq c \leq 15$ (at%)、 $0 \leq d \leq 10$ (at%)の関係を満足し、加熱

処理により磁性薄膜3の結晶組織内において平均結晶粒径10nm以下の元素Mの微細な炭化物もしくは窒化物がFeもしくはCoの結晶粒の周辺に析出している微結晶軟磁性合金薄膜としてもよい。

【0018】次に、この磁気インピーダンス効果素子1の製造方法について説明すると、先ず、図3(a)に示すように、静磁場中で基板2の上面に上記組成式で表される非晶質状態の合金薄膜8をスパッタリング法により形成し、次いで、図3(b)に示すように、合金薄膜8上に帯状のフォトレジスト9を形成する。そして、図3(c)に示すように、ウェットエッチング法により、基板2を従来技術よりも長い時間にわたりエッチング液(例えば、フッ酸、過酸化水素水等を含む酸性水溶液)に浸して合金薄膜8にエッチング処理を施し、次いで、図3(d)に示すように、フォトレジスト9を除去すると、両側部にテーパ面6、7が形成された帯状の合金薄膜8を形成することができる。

【0019】次に、この合金薄膜8及び基板2に静磁場中で加熱処理を施して、合金薄膜8を非晶質状態から結晶状態へと相変化させ上述した元素Mの微細な炭化物もしくは窒化物をFeもしくはCoの結晶粒の周辺に析出させることにより、合金薄膜8を高透磁率及び幅方向の磁気異方性を有する磁性薄膜3に変化させる(図3(e)参照)。しかる後、磁性薄膜3の長手方向両端部に第1、第2の電極4、5を形成し、磁気インピーダンス効果素子1の製造が完了する。

【0020】このように構成・製造された磁気インピーダンス効果素子1は、磁性薄膜3の長手方向が図示せぬ被検出体から発せられる外部磁界Hに沿うように配置された状態で、第1、第2の電極4、5を介して磁性薄膜3にMHz帯域の高周波電流を通電すると、磁性薄膜3の長手方向両端部間のインピーダンスが変化し、この変化を電気信号に変換して外部磁界Hの検出出力が得られるようになっている。

【0021】しかして、この磁気インピーダンス効果素子1にあっては、その製造工程において従来技術と同様に磁性薄膜3となる合金薄膜8に加熱処理が施されるが、図3(d)に示すように、基板2に密着する合金薄膜8の下面8aの幅Waが合金薄膜8の上面8bの幅Wbよりも大きくなるように、合金薄膜8の両側部には該合金薄膜8の長手方向に延びるテーパ面6、7が設けられ、合金薄膜8の幅方向(矢印B方向)において、合金薄膜8の中央部の膜厚が合金薄膜8の両側部の膜厚よりも厚く形成されているため、加熱処理によって基板2に密着する合金薄膜8の下面8a側が合金薄膜8の上面8b側に引っ張られ合金薄膜8の両側部がめくれ上がることがなくなり、その結果、磁性薄膜3の下面3aを基板2に確実に密着させ、図4に示すように、磁性薄膜3全体に磁区10を形成することができ、磁性薄膜3の幅方向において、加熱処理中の磁性薄膜3の両側部の磁区10の消失を抑え、これに起因する外部磁界検出感度の低下を完全に防止することができる。

【0022】次に、本発明の磁気インピーダンス効果素子の第2の実施形態を図5乃至図7に基づいて説明する。

【0023】この第2の実施形態の磁気インピーダンス効果素子11が上述した磁気インピーダンス効果素子1と構成上異なる点は、基板2に密着する磁性薄膜3の下面3aの幅Waが磁性薄膜3の上面3bの幅Wbよりも大きくなるように、磁性薄膜3の両側部に該磁性薄膜3の長手方向に延びる段部12、13をテーパ面6、7に代えて設け、磁性薄膜3の両側部を階段状に形成した点が異なるのみで、他は第1の実施形態と同様である。

【0024】この磁気インピーダンス効果素子11の製造は、先ず、図7(a)に示すように、第1の実施形態と同様に、静磁場中で基板2の上面に上記組成式で表される非晶質状態の合金薄膜8をスパッタリング法により形成し、次いで、図7(b)に示すように、合金薄膜8上に帯状のフォトレジスト14を形成する。次に、図7(c)に示すように、ウェットエッチング法により、基板2をエッチング液に浸して合金薄膜8にエッチング処理を施し、フォトレジスト14を除去した後、図7(d)に示すように、再び合金薄膜8上に帯状のフォトレジスト15を形成する。

【0025】次に、図7(e)に示すように、ウェットエッチング法により、基板2をエッチング液に浸して合金薄膜8にエッチング処理を施し、次いで、図7(f)に示すように、フォトレジスト15を除去すると、両側部に段部12、13が形成された帯状の合金薄膜8を形成することができる。そして、この合金薄膜8及び基板2に静磁場中で加熱処理を施して、合金薄膜8を非晶質状態から結晶状態へと相変化させ上述した元素Mの微細な炭化物もしくは窒化物をFeもしくはCoの結晶粒の周辺に析出させることにより、合金薄膜8を高透磁率及び幅方向の磁気異方性を有する磁性薄膜3に変化させる(図7(g)参照)。しかる後、磁性薄膜3の長手方向両端部に第1、第2の電極4、5を形成し、磁気インピーダンス効果素子11の製造が完了する。尚、磁性薄膜3の下面3aの幅をWaとし、磁性薄膜3の上面3bの幅をWbとして、下面3aから段部12、13までの厚さをd1、下面3aから上面3bの厚さをd2としたときに、 $x = (Wa - Wb) / 2$ 、 $\Delta d = d2 - d1$ とおくと、 $x / \Delta d$ が1～5程度の値であることが望ましい。

【0026】そして、このように構成・製造された磁気インピーダンス効果素子11は、磁性薄膜3の長手方向が図示せぬ被検出体から発せられる外部磁界Hに沿うように配置され、上記磁気インピーダンス効果素子1と同様に動作する。

【0027】しかして、この磁気インピーダンス効果素子11にあっては、その製造工程において従来技術と同様に磁性薄膜3となる合金薄膜8に加熱処理が施されるが、図7(e)に示すように、基板2に密着する合金薄膜8の下面8aの幅Waが磁性薄膜8の上面8bの幅Wbよりも大きくなるように、合金薄膜8の両側部には該合

金薄膜8の長手方向に延びる段部12、13が設けられ、合金薄膜8の幅方向(矢印B方向)において、合金薄膜8の中央部の膜厚が合金薄膜8の両側部の膜厚よりも厚く形成されているため、加熱処理によって基板2に密着する合金薄膜8の下面8a側が合金薄膜8の上面8b側に引っ張られ合金薄膜8の両側部がめくれ上がることがなくなり、その結果、磁性薄膜3の下面3bを基板2に確実に密着させ、磁性薄膜3の幅方向において、加熱処理中の磁性薄膜3の両側部の磁区の消失を抑えることができ、これに起因する外部磁界検出感度の低下を完全に防止することができる。

【0028】

【発明の効果】本発明は、以上説明したような形態で実施され、以下に記載されるような効果を奏する。

【0029】非磁性体からなる基板と、この基板上に設けられた帯状の磁性薄膜とを備え、前記基板に密着する前記磁性薄膜の下面の幅が前記磁性薄膜の上面の幅よりも大きくなるように、前記磁性薄膜の幅方向において、前記磁性薄膜の両側部の膜厚を前記磁性薄膜の中央部の膜厚よりも薄く形成したので、前記磁性薄膜の前記下面を前記基板に確実に密着させ、前記磁性薄膜の幅方向において、前記磁性薄膜の両側部の磁区の消失を抑えることができ、外部磁界検出感度の高い磁気インピーダンス効果素子を提供することができる。

【0030】また、前記磁性薄膜の前記両側部にテーパ面を設けたので、前記磁性薄膜の幅方向において、簡単に前記磁性薄膜の両側部の膜厚を前記磁性薄膜の中央部の膜厚よりも薄く形成することができる。

【0031】また、前記磁性薄膜の前記両側部を階段状に形成したので、前記磁性薄膜の幅方向において、簡単に前記磁性薄膜の両側部の膜厚を前記磁性薄膜の中央部の膜厚よりも薄く形成することができる。

【0032】また、前記磁性薄膜は平均結晶粒径が30nm以下であるbccFe、bccFeCo、bccCoの単体もしくは混合物を主体とした軟磁性合金薄膜よりなるので、外部磁界に対する前記磁性薄膜のインピーダンスの変化が大きく、磁界検出感度の高い優れた磁気インピーダンス効果素子を得ることができる。

【0033】また、前記磁性薄膜は組成式が $T_{100-a-b-c-d}X_aM_bZ_cQ_d$ で表され、元素TはFe、Coのうちの1種又は2種の元素であり、XはSi、Alのうちの1種又は2種の元素であり、MはTi、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wから選ばれる1種又は2種以上の元素であり、元素ZはC、Nのうちの1種又は2種の元素からなり、 $0 \leq a \leq 25$  (at%)、 $1 \leq b \leq 10$  (at%)、 $5 \leq c \leq 15$  (at%)、 $0 \leq d \leq 10$  (at%)の関係を満たし、前記磁性薄膜の結晶組織内に平均結晶粒径10nm以下の元素Mの微細な炭化物もしくは窒化物がFeもしくはCoの結晶粒の周辺に析出しているので、外部磁界に対する前記磁性薄膜のインピーダンスの変化が一層大きく、より磁界検出感度の高い優れた磁気インピーダンス効果素子を得ることができる。

## 図の説明

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る磁気インピーダンス効果素子の平面図。

【図2】図1の2-2線に沿う断面図。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る磁気インピーダンス効果素子の製造工程を示す説明図。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る磁気インピーダンス効果素子に備わる磁性薄膜の磁区の形成状態を示す説明図。

【図5】本発明の第2の実施形態に係る磁気インピーダンス効果素子の平面図。

【図6】図5の6-6線に沿う断面図。

【図7】本発明の第2の実施形態に係る磁気インピーダンス効果素子の製造工程を示す説明図。

【図8】従来の磁気インピーダンス効果素子の平面図。

【図9】図8の9-9線に沿う断面図。

【図10】従来の磁気インピーダンス効果素子の製造工程を示す説明図。

【図11】従来の磁気インピーダンス効果素子の問題点を示す説明図。

【図12】従来の磁気インピーダンス効果素子に備わる磁性薄膜の磁区の形成状態を示す説明図。

【符号の説明】

1 磁気インピーダンス効果素子

2 基板

3 磁性薄膜

3a 下面

3b 上面

4 第1の電極

5 第2の電極

6 テーパ面

7 テーパ面

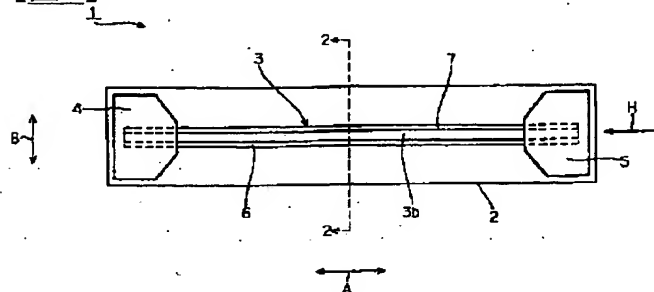
8 合金薄膜

9 フォトリソ

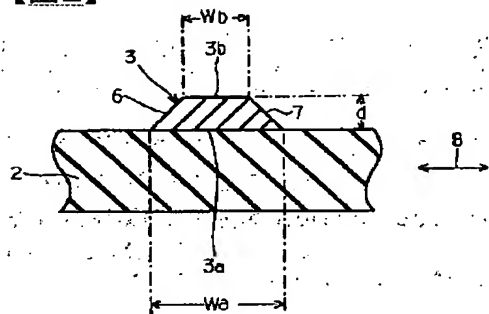
- 10 磁区
- 11 磁気インピーダンス効果素子
- 12 段部
- 13 段部
- 14 フォトリソスト
- 15 フォトリソスト

# 図面

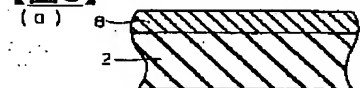
【図1】



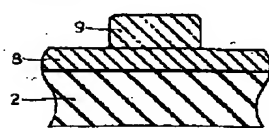
【図2】



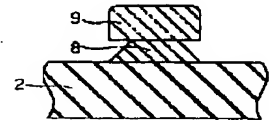
【図3】



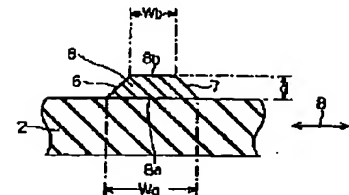
(b)



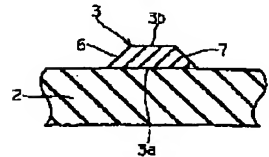
(c)



(d)

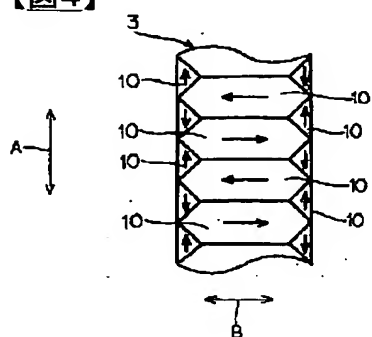


(e)

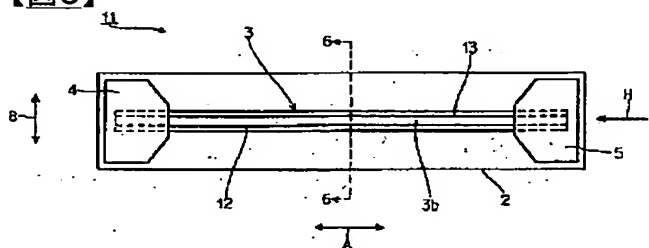




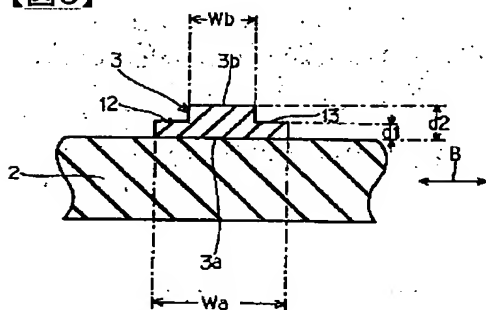
【図4】



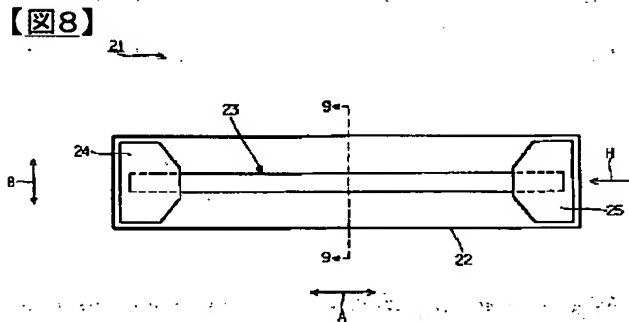
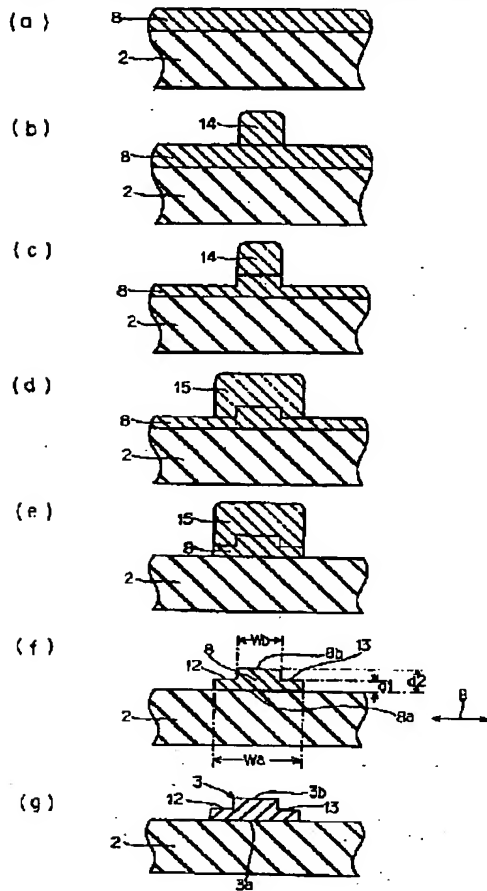
【図5】



【図6】



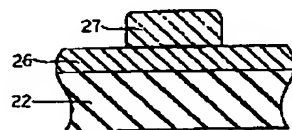
【図7】



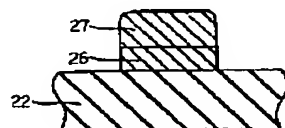
(a)



(b)



(c)



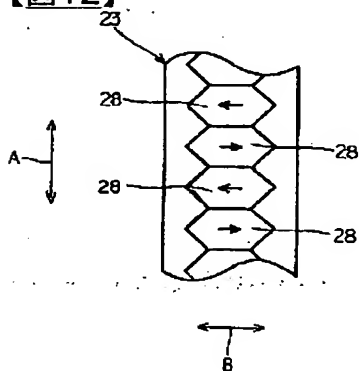
(d)



(e)



【図12】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**